

NU 2-2007을 이용한 PET/CT 성능평가

안혜순*, 박훈희**, 진계환*

남부대학교 방사선학과*, 세브란스병원**

Performance measurements of Positron Emission Tomographs using NEMA NU 2-2007

Hyesun An*, Hoonheu Park**, GyeHwan Jin*

*Nambu University**, *Severane Hospital***

<요약>

PET/CT는 생체내에 양전자를 방출하는 방사성동위원소로 표지된 방사성의약품을 투여한 후 체내의 기능이나 대사능을 영상화하는 장비이다. 국내의료기관에 설치된 PET/CT가 최근에 급격하게 증가하고 있다. 이에 따른 중앙진단과 치료에 활용하기 위한 PET/CT 검사건수도 매년 증가함으로써 PET/CT 성능평가와 정도관리 방법의 개발의 필요성이 증대되고 있다.

본 연구에서는 NU 2-2007에서 제시하는 PET/CT의 성능평가와 정도관리 검사항목인 공간분해능, 민감도, 산란분획, 계수손실, 우연계수측정, 계수손실과 우연동시계수 보정의 정확성, 감쇠 및 산란보정의 정확성 측정에 대하여 살펴보았다.

Abstract

PET/CT is a machine for imaging in vivo functions or metabolic activities after the administration of radiopharmaceuticals labeled with radioisotope emitting positrons in the body. Recently the number of PET/CT installed in Korean medical institutions is increasing rapidly. In response, the number of PET/CT tests to be used in the diagnosis and treatment of tumors is also increasing every year, and this is increasing the necessity for developing the methods of PET/CT performance evaluation and quality control.

Among the test items for the performance evaluation and quality control of PET/CT suggested in NU 2-2007, this study examined spatial resolution test, sensitivity test, image quality, attenuation accuracy & scatter correction test, scatter fraction, count losses and randoms test and accuracy(correction for count losses and randoms).

I. 서론

PET/CT는 생체내에 양전자를 방출하는 방사성동위원소로 표지된 방사성의약품을 투여한 후 체내의 기능이나 대사능을 영상화하는 장비이다. 최근 장비의 도입과 검사수요가 증가하고 있다. 적절한 품질관리는 사용

중인 장비의 신뢰도를 높일 수 있고, 이를 통한 국민건강권 확보 및 의료비 절감 효과를 기대할 수 있다.

핵의학영상 검사에 대한 정도관리 방법에는 미국방사선의학회(American College of Radiology, ACR)와 ICANL(Intersocietal Commission for the Accreditation of Nuclear Medicine Laboratories) 프로그램이 있다. ACR 인

본 연구는 한국과학재단(원자력장학생 7기)에 의하여 이루어진 것임

Corresponding Author : 진계환

주소 : 광주광역시 광산구 월계동 864-1 남부대학교 방사선학과, E-mail : ghjin@nambu.ac.kr, Tel : +82-62-970-0159

투고 일자: 2009년 04월 26일, 심사일자: 2009년 06월 30일, 수정 일자: 2009년 08월 16일, 게재 확정일자: 2009년 09월 15일

중 프로그램은 일반적인 핵의학영상(평면영상), SPECT(단광자방사선단층영상, 단층영상), 심장영상, PET영상 등의 모듈에 대한 인증을 받는 것이다. ICANL표준은 영상검사 기관의 장비 및 인력기준, 핵의학 검사 프로토콜, 품질검사기준으로 구성되어 있다. 그 외에 미국 핵의학회(Society of Nuclear Medicine, SNM), 유럽핵의학회(European Association of Nuclear Medicine, EANM), 국제전자기술 위원회(International Electrotechnical Commission, IEC)에서도 성능평가를 위한 검사항목을 제시하고 있다^{1), 4)}. National Electrical Manufacturers Association(NEMA)의 NU 2-1994, NU 2-2001, NU 2-2007은 PET/CT에 대한 가장 일반적인 성능평가로 수행되고 있다. 검사항목은 공간분해능, 민감도, 산란분획, 계수손실, 우연계수측정, 계수손실과 우연동시계수 보정의 정확성, 감쇠 및 산란보정의 정확성 측정이 있다^{1), 5)}.

본 연구에서는 NU 2-2007에서 제시하는 PET/CT의 성능평가와 정도관리에 대하여 고찰하였다.

II. 대상 및 방법

1. 공간분해능

공간분해능이란 재구성된 영상에 인접한 두 점을 구분할 수 있는 능력을 말한다. 공간분해능을 측정하기 위하여 마이크로피펫 또는 주사기를 사용하여 200 MBq/cc(5 mCi/cc)보다 낮은 방사능을 가진 F-18을 슬라이드에 투입시킨다. 선택한 샘플을 유리관(내경1mm이하, 외경 2mm미만, 축방향 1mm미만)에 주입한다. 점선원 축길이를 1 mm 보다 작게 준비하고, 만약 선원이 1 mm보다 길면 측정된 축분해능은 비례하여 증가한다. hematocrit tube의 1 mm 보다 적은 값을 채웠는지 확인하고 만약에 1mm 초과 한다면 tube를 버리고 다시 시도한다. 방사능이 있는 tube 끝을 밀봉하고 반복하여 선원 3개를 만든다. 이때 사용하는 F-18은 총발생율의 불감시간비율이 5%이상 초과하거나 우연동시발생율이 전체계수율의 5%초과하는 것 중 하나 보다 적은 방사능을 지녀야 한다.

데이터 처리를 정확히 실행하기위해 그림 1과 같이 축방향에서 면을 따라 축 FOV의 중심과 FOV의 중심으로부터 1/4 떨어진 지점에 대하여 각각 다음의 3지점 (1)

$x=0\text{cm}, y=1\text{cm}$, (2) $x=0\text{cm}, y=10\text{cm}$, (3) $x=10\text{cm}, y=0\text{cm}$ 위치에 놓고 PET영상을 획득한다. 응답 함수는 최소 100,000 계수를 획득되어야하고, 획득한 영상은 편평화 없이 여과 후 역투사 알고리즘을 이용하여 재구성한다.

재구성된 영상을 3차원 직각 좌표계에 위치시키고, x, y, z 세 방향으로 방사능분포의 정점을 통과하는 방사능 분포 프로파일을 획득한다. 이 1차원 프로파일을 FWHM과 FWTM을 구하는데 사용한다.

각 FWHM과 FWTM은 방사능 분포 프로파일의 인접 호소들을 선형보간한 후 최대값을 갖는 점의 1/2과 1/10에서의 횡폭으로 구한다. 최대값을 갖는 점은 정점과 인접한 두 점들의 포물선 합치에 의해 결정한다. 공간분해능은 화소값을 측정치에 곱하여 거리 단위(mm)로 바꿀 수 있다.

각 축방향 위치에서 중심과의 각각의 반경(중심과 10cm)인 점선원의 방사, 점선방향 분해능과 축방향 분해능을 각각 구한 뒤 주어진 표 1의 방법으로 공간분해능을 계산한다.

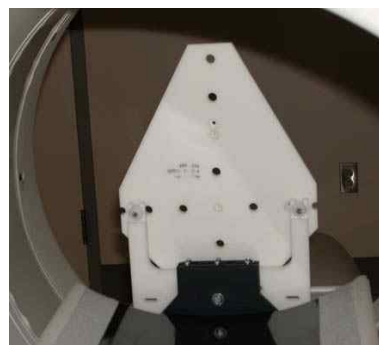
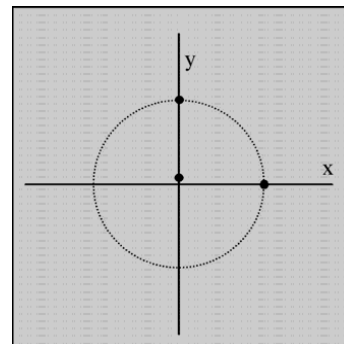


그림 1. 점선원의 위치

	Description	Formula
At 1 cm radius		
Transverse	Average x & y for both z position (4numbers)	$(RES_{sx}=0, y=1, z=center+RES_{yx}=0, y=1, z=center+RES_{sx}=0, y=1, z=1/4 FOV+RES_{yx}=0, y=1, z=1/4 FOV) / 4$
Axial	Average of 2 z positions (2numbers)	$(RES_{zx}=0, y=1, z=center+RES_{zx}=0, y=1, z=1/4 FOV) / 4$
At 10 cm radius		
Transverse radius	Average 2 transverse for both z positions (4 number)	$(RES_{sx}=10, y=0, z=center+RES_{yx}=0, y=10, z=center+RES_{sx}=10, y=0, z=1/4 FOV+RES_{yx}=0, y=10, z=1/4 FOV) / 4$
Transverse tangential	Average 2 transverse for both z positions (4 number)	$(RES_{yx}=10, y=0, z=center+RES_{sx}=0, y=10, z=center+RES_{yx}=10, y=0, z=1/4 FOV+RES_{sx}=0, y=10, z=1/4 FOV) / 4$
Axial resolution	Average 2 transverse for both z positions (4 number)	$(RES_{zx}=10, y=0, z=center+RES_{zx}=0, y=10, z=center+RES_{zx}=10, y=0, z=1/4 FOV+RES_{zx}=0, y=10, z=1/4 FOV) / 4$

표 1. Formulas for computing spatial resolution report values

아야 한다. 데이터 획득은 완전한 단층 데이터 획득이어야 하므로, 회전 스캐너는 각 데이터 획득마다 완전하고 균일한 단층 데이터를 얻어야 한다. 회전 스캐너의 경우 획득시간 Tacq에는 검출기의 회전에 필요한 시간까지 포함된다.

각각의 획득은 최소 500,000 총계수를 포함해야 한다. 또한 정점계수율이 정확히 결정될 수 있도록 정점계수를 근처에서는 충분한 횟수의 측정을 수행하는 것이 중요하다.

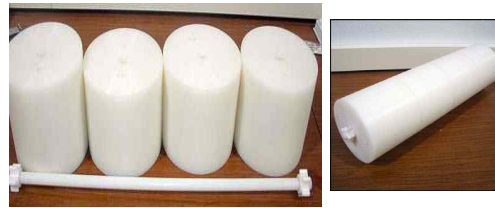


그림 2. 산란팬텀

2. 산란분획, 계수손실, 우연계수 측정

산란분획측정테스트는 산란에 의한 동시발생되는 DST 스캐너의 민감도를 측정하는 것이다. 산란분획측정은 시스템의 불응시간과 우연계수가 무시할 만큼 적은 방사능양일 때 측정이 가능하다.

팬텀은 비중 0.96 ± 0.01 , 외경 203 ± 3 mm (8")와 전체길이 700 ± 5 mm의 폴리에틸렌으로 구성된 균일 원형 실린더이다. 6.4 ± 0.2 mm (1/4")의 구멍이 원통의 중심에서 반경 45 ± 1 mm 떨어진 곳에 중심축과 평행하게 뚫려 있다.(그림2).

선선원관의 용적을 측정하고 기록한다. 방사능 900 MBq(24 mCi)를 추출하고, 선선원관의 용적을 채운다. 완벽하게 채우기 위해 0.5 cc를 추가로 넣는다.

준비된 팬텀은 선선원을 위한 구멍을 환자침대의 표면 가까이에 위치시키고(그림 3), 추적자정보데이터영역에 Pre-activity and time, Post-activity and time값을 입력한 후 영상을 획득한다.

데이터를 방사성핵종 반감기 T1/2 의 반 보다 더 짧은 시간 간격으로 획득하고, 참발생손실이1.0% 보다 적을 때까지 획득한다.

각각의 획득시간 Tacq,j는 반감기 T1/2의 1/4 보다 짧

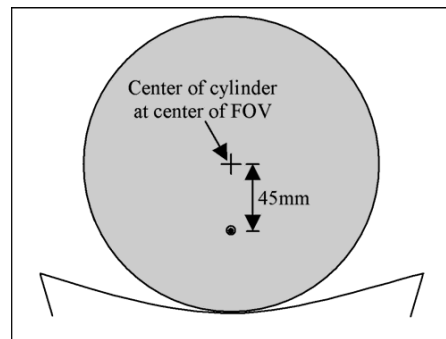


그림 3. 선선원 위치

3. 민감도

민감도는 선원에서 방출되는 방사능을 검출할 수 있는 능력으로, 주어진 세기의 선원으로부터 초당 검출되는 참동시발생 계수의 비율(count/sec/MBq)로 표현한다.

테스트에 사용하는 방사능은 충분히 낮아서 계수손실은 무시할 수 있다. 감쇠의 영향이 없이 측정하기 위해 특성을 알고 있는 흡수체에 둘러싸인 균일한 선선원을 이용한 반복측정방법이 제안되었다. 이러한 측정으로 흡수체 없는 민감도를 외삽법에 의해 추정할 수 있다.

우연계수는 사실적인 민감도 결과를 얻기 위해 즉발 계수를 뺀다. 이것은 lutetium bearing detectors의 유효한 결과를 포함하고 모든 검출기 결과의 일관성을 향상시키기 위하여 필요하다.

우연계수가 5%보다 적게 생산되기 위해서 방사능의 양은 10 MBq 보다 적어야 한다. 그러나 결과를 측정할 수 있을 정도로 충분한 양을 생산해야 한다.

주사기로 선원 F-18 10 MBq를 뽑아낸다. 물과 희석하여 팬텀에 채우고, 선의 끝에 cap을 씌우거나 밀봉한다. (선선원의 한쪽 끝은 가장 작은 직경 알루미늄슬리브를 통하여 꼭 맞을 수 있다. 만약 가장 작은 cap이 슬리브에 맞기에 너무 큰 경우에는 선의 한쪽 끝을 Critoseal을 사용하여 밀봉한다.) 주사기를 선량측정기에 돌려보내고 lab book에서 잔여 방사능 및 시간을 기록한다. 선선원에 주입된 방사능의 양을 결정하기 위하여 가득 차있는 주사기(감쇠 보정)의 측정에서 이 측정값을 뺀다.

선선원을 가장 작은 직경 알루미늄 슬리브에 장착한다. 민감도를 측정하는 동안 알루미늄슬리브를 지탱하기 위해서 spring tensioned shower curtain rod를 겐트리 뒤쪽 커버 구경에 설치하거나 tape로 sling을 만든다(그림 5). 가장 작은 직경 알루미늄슬리브의 중량을 측정하고 표시한다.

CT position에서 table을 이동하여 laser를 켜고 sagittal과 coronal laser를 이용하여 슬리브를 isocenter에 일렬로 정렬시키고 scan면에 수직이 되도록 한다. 알루미늄슬리브의 중앙에 있는 표시에 axial laser선을 정렬 시킨다. 선선원은 모든 PET이미지 결과의 중앙에 나타나야 한다. gantry display를 0으로 하고 영상을 획득한다. 반복해서 나머지 4개의 알루미늄슬리브에 대한 영상을 얻는다.

감쇠 매질의 두께가 증가함에 따른 계수 변화를 측정하면, 감쇠 매질의 두께와 검출된 동시계수율의 관계식은 식(1)과 같다.

$$R_j = R_0 \exp[-2\mu X_j] \quad \text{식(1)}$$

μ : 매질의 감쇠계수

X_j : j번째 실험의 알루미늄 관 두께

R_0 : 매질이 없을 때의 동시 계수율(counts/sec)

R_j : 붕괴교정된 j번째 실험의 동시 계수율(counts/sec)

위 식에서 알고 있는 값은 R_j, X_j 이며 구해야 하는 값은 R_0 이다. 매질의 감쇠 계수를 모르지만 증가하는 매질에 대해 감쇠매질이 없는 이상적인 상황에서의 계수율 R_0 는 5개의 식에서 구한 R 값에서 외삽하여 구할 수 있으며 시스템의 민감도 식은 식(2)와 같다.

$$S_{tot} = R_0 / A_{cal} \quad \text{식(2)}$$

S_{tot} : 시스템의 민감도(counts/sec/MBq)

A_{cal} : 초기 방사능의 농도(MBq)



그림 4. 선선원과 알루미늄슬리브



그림 5. Spring Tensioned Rod 설치

4. Image Quality, 감쇠정밀도와 산란 보정 테스트

image quality 테스트는 PET-CT whole body 의학적 사용 케이스의 모의실험을 한다.

이 테스트는 image quality 팬텀과 선선원을 사용한다 (그림 6).

팬텀을 채우는 방법은 hot 구와 백그라운드 농도비가 4:1로 한다.

백그라운드 용적은 팬텀의 용적에서 lung의 용적과 구들의 용적의 합을 뺀 값이다. 백그라운드는 9,830cc이고, 구 용적은 거의 20cc 이다. 팬텀 포지션과 방사능을

채우는데 걸릴 시간의 양을 결정한다. 시간은 45분이다. 채워질 때 가장 높은 방사능의 시간을 계산한다. 이 시간은 스캔시간에 의한 방사능 붕괴를 보정 할 수 있다.

스캔시간에 방사능레벨이 21 kBq/cc(0.6 μCi/cc)과 5.3 kBq(0.15 μCi/cc) 에 도달하기위해 넣어야하는 방사능의 양을 결정하기위해서 채워진 시간을 사용해야한다. 산란분획 선선원으로서 사용하기 위해서 플라스틱 튜브 80 cm 에 대해 측정한다. 튜브의 중심 70 cm의 용적을 측정하는데 전형적인 값은 5 cc이다.

산란분획 선원의 중심 70 cm를 채우기 위해서 용액의 용적을 준비한다. 스캔시간에 120 MBq(3 mCi)의 방사능을 넣는다.

표 2. 스캔시간 선원 방사능

Phantom volume	Typical Volume	Activity	Activity concentration)
Background	9830 cc	52 MBq(1.5 mCi)	5.3 kBq/(0.15 μCi/cc)
Hot spheres	~20 cc	N.A.	21 kBq/cc (0.6 μCi/cc)
Line	5 cc	120 MBq(3 mCi)	N.A.

선선원을 채우는 동안에 표 2를 사용한다. 계산된 주입 방사능과 같은 양의 F-18 방사능을 주사기로 추출한다. 주사기의 방사능을 착색하여 용기에 넣는다. 총 용적이 표에 있는 solution용적과 같을 때까지 용기에 물을 추가로 채운다. 새로운 주사기를 사용하여 용기로부터 방사능을 추출하여 산란분획 선선원의 중심 70 cm에 채운다. 중심 70 cm에 방사능을 채우기 전에 NEMA 산란분획팬텀을 통하여 튜브를 장착해야하고, tube의 양쪽끝을 밀봉한다.

image quality 팬텀에 평균 농도 0.3 g/cc의 lung 시물레이션 물질을 채운다. 증류수를 새로운 주사기로 뽑아낸다. image quality 팬텀에 있는 가장 큰 두 개의 구에 물을 채운다. 대조도를 볼 수 있게 하기위해 물을 착색한다. 증류수를 팬텀의 백그라운드 용적에 전체의 25%를 채우고, 백그라운드 용적에 방사능을 추가로 넣는다. 계산된 F-18 백그라운드 방사능의 양을 주사기로 추출하고, 선량측정기로 주사기 방사능을 측정한다. 방사능과 측정

된 시간을 기록한다. 주사기의 물질을 image quality 팬텀의 백그라운드 부분에 채운다. 완벽하게 image quality 팬텀의 내용물을 섞는다.

백그라운드 용적에서 농축된 방사능을 새로운 주사기에 채우고 가장 작은 4개의 구에 채운다.

image quality 팬텀 구 부분을 겐트리 반대편에 위치시키고, 산란분획팬텀을 image quality 팬텀 뒤에 놓는다.(그림 7) 그런 다음 영상을 획득한다.

재구성 parameter는 다음과 같다.

표 3. 재구성 paramete

Recon Parameter	3D
Recon Method	Iterative
FOV Diameter	18.0 cm
Decay	No
Attenuation	None
Well Counter	Sensitivity Only

획득한 영상에서 직경 30±2 mm의 원형 ROI를 폐 삼입물 중심에 그린다. 각 단면에 대해 ROI내의 평균 화소값 Clung,i를 기록한다. 앞에서 설명된 배후방사능 ROI들과 같은 위치에 12개의 직경 30±2 mm 배후 방사능영역 ROI를 각 단면마다 위치시킨다. 각 단면에 대해 ROI 평균 화소값 CB,i를 기록한다. 산란과 감쇠보정의 잔여 오차를 측정하기 위해, 각 슬라이스에 대해 상대오차 ΔClung,i를 백분율로 식(3)과 같이 계산한다.

$$\Delta C_{lung,i} = \frac{C_{lung,i}}{C_{B,i}} \times 100\% \quad \text{식(3)}$$

C_{lung,i} : 폐 삼입물 ROI의 평균계수

C_{B,i} : 횡단면 위에 그린 60개, 직경 37 mm의 배후 방사능 ROI계수들의 평균값



그림 6. image quality 팬텀



그림 7. 팬텀 위치

5. 정확도 : 계수손실과 우연계수의 보정

영상획득과정은 4의 Image Quality, 감쇠정밀도와 산란 보정 테스트와 동일하게 획득한다.

축방향 길이가 65 cm 이하의 작은 축방향 시야를 가진 PET는 모든 단면에 대해 횡단면 재구성을 한다.

모든 분석은 재구성된 영상을 대상으로 수행한다. j 번째 획득한 영상의 평균 방사능 $A_{ave,j}$ 를 계산한다. j 번째 획득한 영상의 평균 유효방사능 농도 $a_{eff,j}$ 는 $A_{ave,j}$ 를 테스트팬텀의 부피(22,000 cm³)로 나눠서 계산한다.

각 단면 I에 대해 선선원의 중앙이 아닌 재구성된 영상의 횡단시야 중앙에 지름 180 mm인 원형 관심영역을 그린다. 각 단면과 j 번째 획득의 참계수 $C_{ROI,i,j}$ 를 측정한다. 참계수를 $R_{ROI,i,j}$ 를 측정한다. 참계수를 $R_{ROI,i,j}$ 은 식(4)와 같다.

$$R_{ROI,i,j} = \frac{C_{ROI,i,j}}{T_{acq,j}} \quad \text{식(4)}$$

각 단면에 대해, 불용시간이나 우연계수가 없는 j 번째 획득에서 얻어진 외삽 참계수를 $R_{Extr,i,j}$ 을 계산한다. 통계오차를 최소화하기 위해 $R_{Extr,i,j}$ 는 식(5)를 통해 얻는다.

$$R_{Extr,i,j} = \frac{A_{ave,j}}{3} \sum_{k=1}^3 \frac{R_{ROI,i,k}}{A_{ave,k}} \quad \text{식(5)}$$

위의 식에서 k=1은 최소 방사능을 가질 때 획득이다. j 번째 획득의 I 단면에 대한 백분율로 나타낸 상대계수 오차 $\Delta r_{i,j}$ 은 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta r_{i,j} = 100 \left(\frac{R_{ROI,i,j}}{R_{Extr,i,j}} - 1 \right) \% \quad \text{식(6)}$$

각 단면에 대한 $\Delta r_{i,j}$ 와 $a_{eff,j}$ 의 값을 도표화 한다. 각 단면에 대해 $\Delta r_{i,j}$ 의 최대값과 최소값대 $a_{eff,j}$ 그래프를 선형 그래프축으로 그린다. 데이터 점을 연결하여 참연속곡선형태로 나타낼 수 있다. 앞에서 결정한 $a_{NEC,peak}$ 이거나 이하의 방사능값에서 $|\Delta r_{i,j}|$ 오차의 최대값을 표시한다.

III. 결과

제조회사에서 제공하는 매뉴얼 결과는 다음과 같다

1. 공간분해능

공간분해능 측정 결과 1 cm 떨어진 지점의 경우 횡축

방향과 축방향 공간분해능 값은 5.04 mm, 5.06 mm이다.
 횡단면의 중심에서 10 cm 떨어진 지점의 경우 횡축반

경, 횡축집선, 축방향의 공간분해능 값은 5.38 mm, 5.28 mm, 6.17 mm로 나타났다.

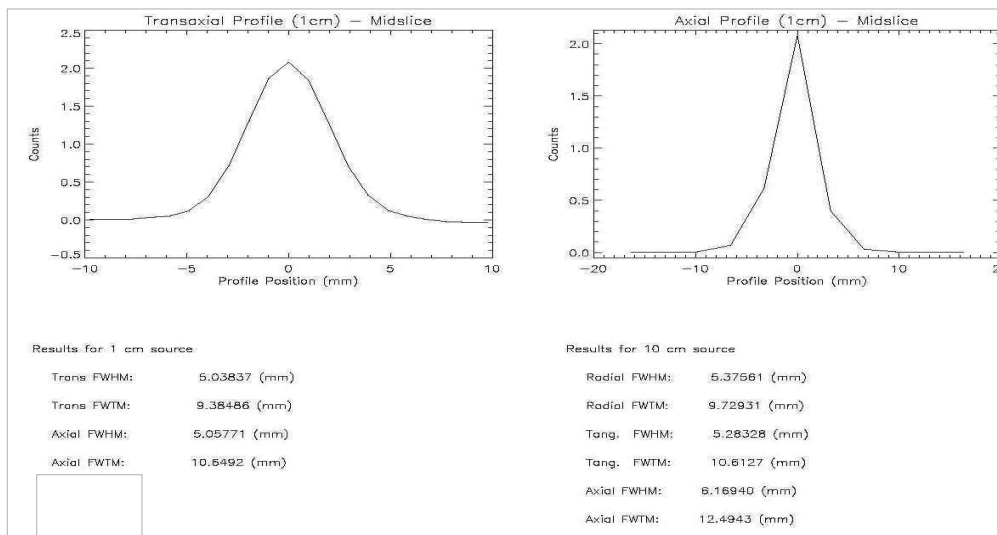


그림 8. Resolution Report - Results for DSTE 2D

2. 산란분획, 계수손실, 우연계수 측정

참계수율과 NECR의 결과 280.449 kcps/ 26.7548 kBq/cc, 75.2508 kcps/ 11.4099 kBq/cc 로 나타났다.

산란분획은 36.7853%로 나타났다.

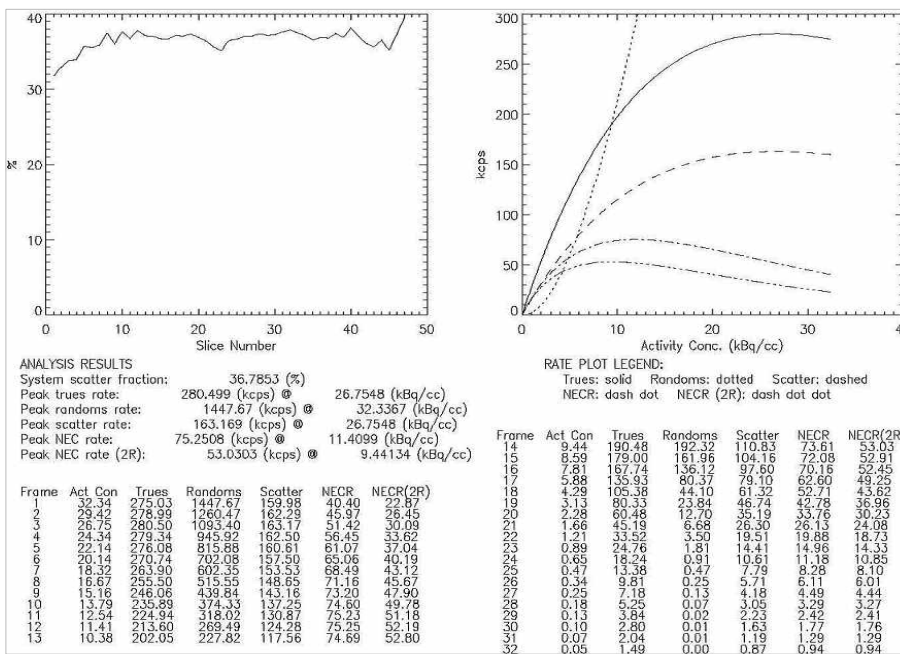


그림 9. 3D Scatter Fraction and Count Rate Results

3. 민감도

counts/sec/kBq 이다.

민감도의 측정결과 시스템의 민감도는 1.72288

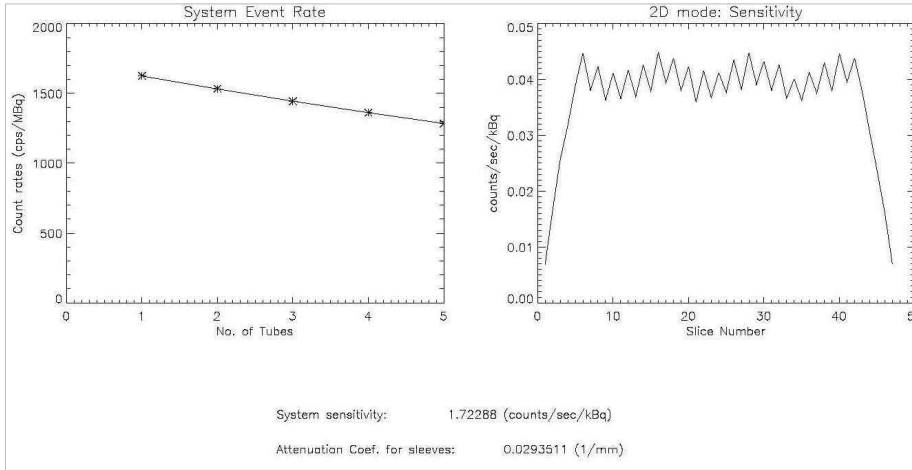


그림 10. Sensitivity Report Screen

4. Image Quality, 감쇠정밀도와 산란 보정 테스트

Hot 구의 대조도는 구의 직경 1.0 cm, 1.3 cm, 1.7 cm, 2.2 cm 일 때 각각 29.6%, 37.9%, 54.9%, 70.7% 이다. Cold

구의 대조도는 구의 직경 2.8 cm, 3.7 cm 일 때 각각 56.4%, 62.8% 였다. 또한, 백그라운드 가변성은 구의 직경 1.0 cm, 1.3 cm, 1.7 cm, 2.2 cm, 2.8 cm, 3.7 cm 일 때 각각 4.7%, 3.8%, 2.9%, 2.4%, 2.1%, 1.6% 로 나타났다.

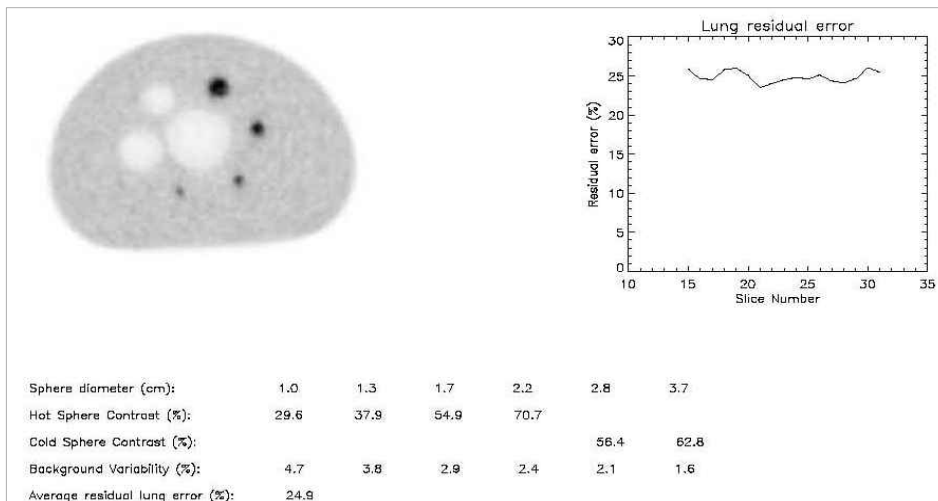


그림 11. Image Quality Report

3-5 정확도 : 계수손실과 우연계수의 보정

image dimension이 128x128이고 number of slices는 47,

number of frames는 29 일 때, NECpeak에서 방사능은 48.0000 kBq/mL, Max absolute error는 peak NEC of 1.46061보다 낮았다.

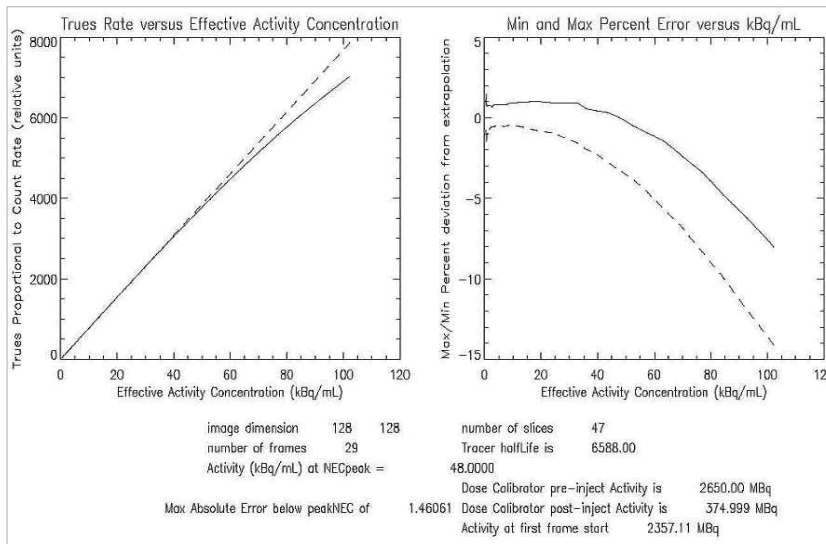


그림 12. 3D Scatter Fraction and Count Rate Results

IV. 결론

국내의료기관에 설치된 PET/CT가 최근에 급격하게 증가하고 특히 하나의 의료기관에서 보유한 PET/CT가 최대 4대인 경우도 있다. 이에 따른 중앙진단과 치료에 활용하기 위한 PET/CT 검사건수도 매년 증가함으로써 PET/CT 성능평가와 정도관리 방법으로 NEMA 기준을 도입하여 일부 시행한 바 있다^{2,4)}. 5 년마다 업데이트는 NEMA 기준은 Coincidence Imaging Task Force에 의해 개발되었고, 원자력표준규제위원회가 공인하고 있다. 이전 버전과 달라진 사항으로 제 4장 계수손실과 우연계수의 보정에서 고유방사능을 가지고 있는 장치에 적용할 수 있는 교차측정방법을 소개하고 있고, 제 5장 민감도에서는 선원의 세기와 계수손실과 관련된 요구를 개선하였고, 우연계수를 이용하는 옵션이 더해졌다. 덧붙여, 공간 분해능(section3)에 선원의 위치 측정과 보고서를 포함시키는 확장이 있었다⁵⁾.

본 연구에서는 NU 2-2007에서 제시하는 PET/CT의 성능평가와 정도관리 검사항목인 공간분해능, 민감도, 산란분획, 계수손실, 우연계수측정, 계수손실과 우연동시계수 보정의 정확성, 감쇠 및 산란보정의 정확성 측정에 대하여 살펴보았다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(원자력장학생 7기)에 의하여 이루어진 것임

참고문헌

- [1] 최용, 정준기. 용역연구사업(양전자방출전산화단층촬영장치의 성능평가 기준 개발) 보고서. 식품의약품안정청, (2003)
- [2] 김진수, 이재성, 이동수, 정준기, 이명철. NEMA NU2-2001을 이용한 Siemens CTI ECAT EXACT 47 스캐너의 표준 성능 평가. 대한핵의학회지 vol. 38, 256~267, (2004)
- [3] 임상무. 용역연구사업(PET/CT 성능평가 검사기준 개발) 보고서. 식품의약품안정청, (2006)
- [4] 이영희, 차승용, 남기표, 임기천, 신상기, 조시만, 신희순. NEMA NU2-2001을 이용한 High Resolution PET/CT의 성능평가, 대한핵의학회지 vol. 11, 178-184, (2007)
- [5] National Electrical Manufacturers Association, NEMA NU 2-2007, (2007)
- [6] 이병일. 핵의학 영상장비 PET/CT의 정도관리와 성능평가, 대한핵의학회지 vol. 42, 142~143, (2008)